

Temps d'exposition de la caméra Watec LCL902K

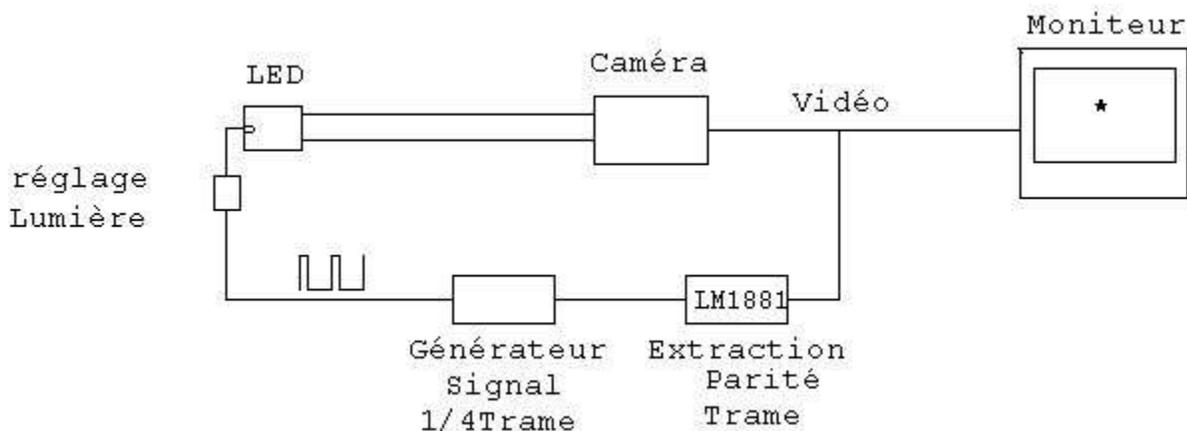
Lors de WETO 2006 * une discussion s'est engagée sur la possibilité de connaître le début du temps d'exposition du senseur de la caméra. Il n'y a pas eu de réponse valable à cette question. Nous avons donc décidé de faire des tests dans le but de vérifier :

- le fonctionnement de la caméra à la vitesse de 50 trames par seconde sans ACG ;
- le fonctionnement lors d'un temps de pose prédéterminé par les inverseurs internes ;
- le fonctionnement avec AGC à 50 trames par seconde.

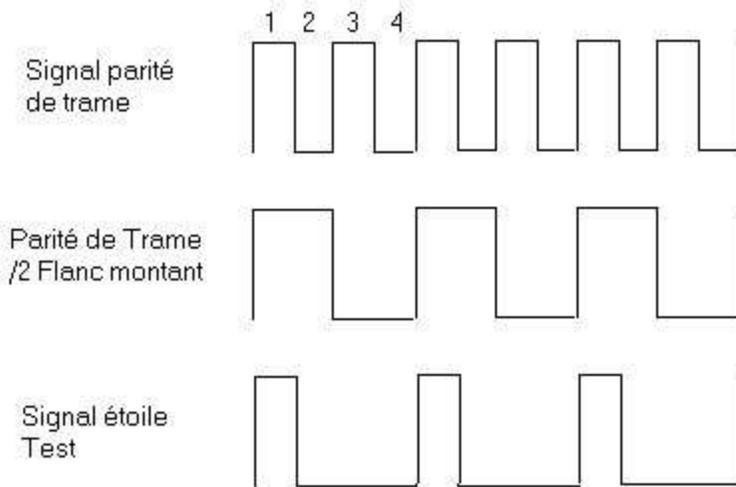
Pour notre test nous utiliserons un circuit LM1881 extracteur des signaux de parité de trame. La finalisation du projet n'est intervenue qu'en août, et pour cause de vacances l'essai a été reporté. Courant août, *Club Éclipse* a diffusé un compte-rendu de tests émanant de Kiwi GOEFF concernant un dispositif VEXA de Gerhard DANGL mettant en évidence un décalage entre le temps incrusté et le début du temps d'exposition d'une caméra vidéo. Nos premiers essais n'ont pu être réalisés que le 19 août, les essais finaux le 30 septembre.

Étude préliminaire

Dans le cas des CCD à transfert de trames, tous les pixels sont transférés dans une matrice aveugle au même moment, puis le temps d'exposition commence à ce moment et finit au transfert suivant. Pour les CCD à intégration de ligne nous n'avons aucune information sur ces caractéristiques. Pour lever le doute nous allons fabriquer un signal d'excitation qui soit parfaitement connecté avec la trame de la caméra.



Elaboration signal excitation étoile test



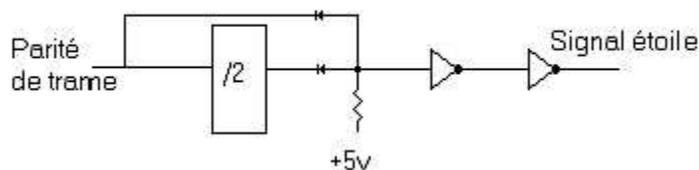
À partir du signal parité de trame, en utilisant un diviseur par 2 et une porte ET, on génère un signal de la durée d'une trame qui sera présent 1 trame sur 4.

Réalisation

Éléments servant à cette réalisation :

- Un signal parité de trame ;
- Un circuit inverseur ;
- Un diviseur par 2 ;
- Une porte ET.

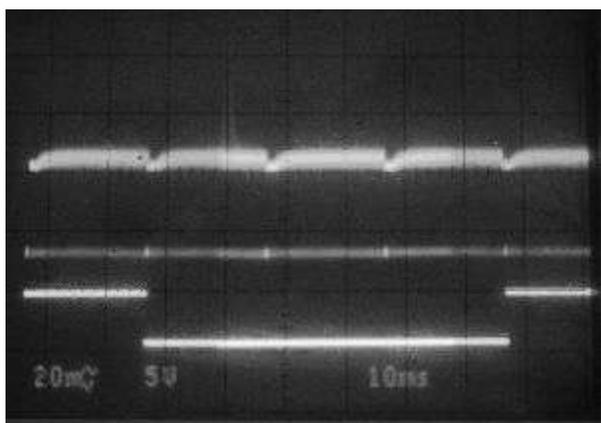
Tous ces éléments existent dans le dispositif d'incrustation, ou peuvent être adaptés.



La porte ET sera réalisée à l'aide d'une résistance et de deux diodes. Le signal ainsi généré attaque une LED rouge installée dans un tube optique, l'intensité lumineuse de la LED est ajustable. La caméra Watec équipée d'un objectif macro prend une image de l'ensemble.



Analyse des images



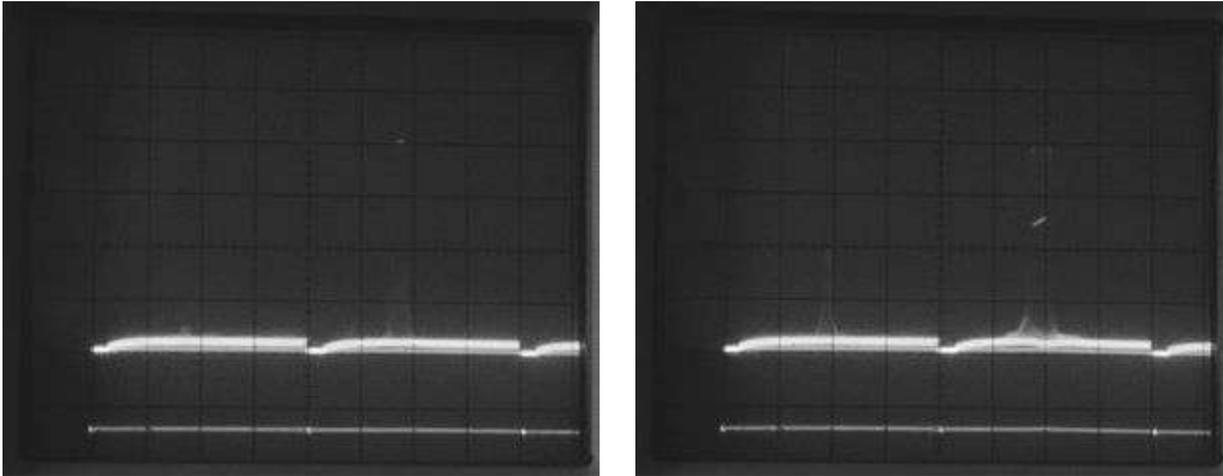
Sur les photos d'écran d'oscilloscope, quand il y a deux traces : la supérieure est la vidéo, l'inférieure est le signal d'excitation de la LED.

4 frames

Quelle que soit la position de l'image sur l'écran le niveau de l'étoile est stable. Donc tous les pixels ont la même durée d'exposition et l'étoile est bien sur la seconde trame. Sur la trame exposée il y a un petit signal qui se manifeste au même endroit que sur la seconde trame.

En augmentant la luminosité de la LED ce signal grandit tandis que sur la seconde trame il y a saturation.

2 trames



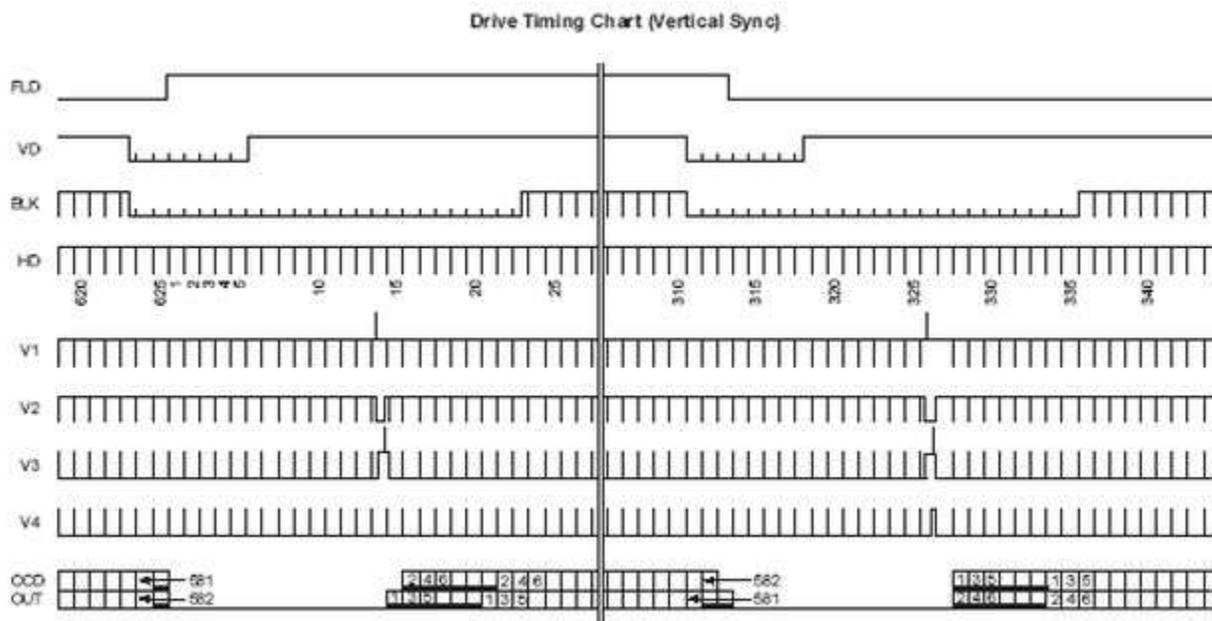
À gauche : signal normal sur seconde trame, à droite : signal saturé sur seconde trame.

Ceci indique que le début du temps d'exposition se situe après le signal de synchronisation vertical, référence de notre temps sur les images.

Chronogramme CCD ICX429 ALL

Le chronogramme ci-dessous, extrait de la documentation Sony du CCD ICX429 ALL, semble valider cette analyse : en sortie du circuit LM1881 les flancs de la parité de trame et de la synchro verticale sont au même temps.

Sur le signal V1, vers les lignes 14 et 326, il y a un signal positif qui doit correspondre aux transferts des données vers les registres à décalage, c'est la fin du temps de pose. Environ une demi-ligne plus loin, sur le signal V3, il y a un signal positif qui doit correspondre à la mise à 0 des pixels du CCD, c'est le début du temps de pose d'une trame.



Comme nous n'alimentons notre LED qu'une trame sur 4, le signal qui apparaît sur la trame illuminée est le résultat d'une exposition, pendant environ 13,25 lignes, soit 848 μ s déduit du chronogramme ci-dessus, tandis que sur la trame suivante le niveau est celui obtenu par 19 ms d'exposition environ.

Pour mesurer exactement ce temps il faudra rendre le signal d'excitation de la LED variable en durée, c'est relativement facile en utilisant un mono stable déclenché par le front montant de notre signal actuel. Ce dispositif permettra également de quantifier les durées du « shutter » électronique en regardant à partir de quel temps il y a un signal sur la sortie de la caméra.

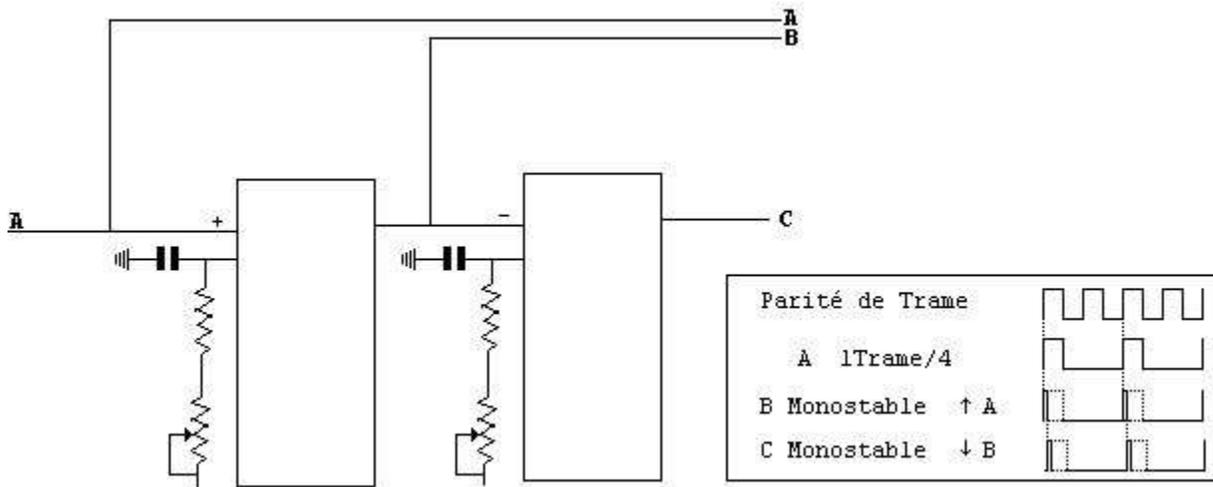
Réalisation d'un générateur de signaux

Pour réaliser ces essais, il faut reprendre la conception du générateur pour permettre de faire à la fois les essais complémentaires et de mesurer les temps effectifs d'exposition de la CCD pour les durées prédéterminées par les positions des « switches » de la caméra.

Les besoins sont les suivants :

- Un signal ajustable en durée commençant avec la trame ;
- Un signal ajustable en durée commençant au temps effectif du début des 20 ms caméra.

Ceci est obtenu en ajoutant un mono stable double au schéma précédent. Le premier est déclenché sur le front montant du signal A (1 trame/4) et le second sur le flanc descendant du premier. Toutes les combinaisons de durée sont ainsi permises car les deux mono stables couvrent une plage de 1 ms à 20 ms.

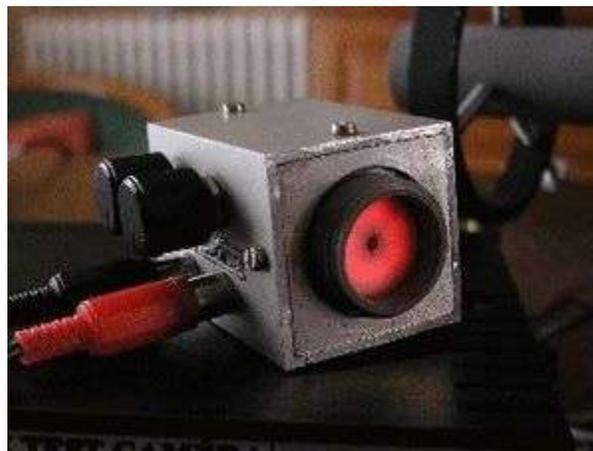
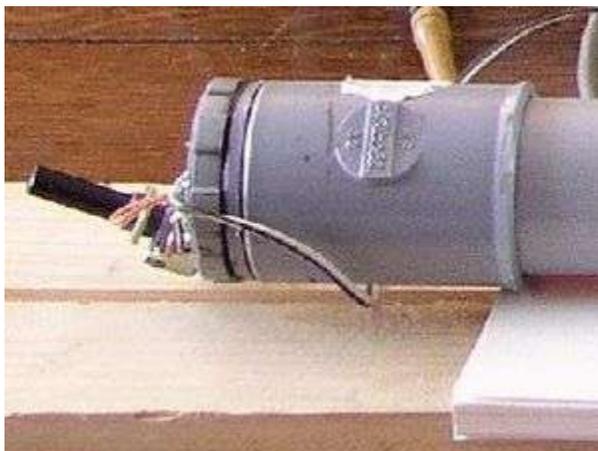


Un nouveau générateur à été réalisé pour remplir ces fonctions :



Les deux boutons servent à régler les largeurs des signaux B et C.

Dans le but de voir le comportement de l'AGC, la tête optique a été modifiée : à la LED centrale de mesure on a ajouté 8 autres LEDs masquées par une rondelle de matériau diffusant.



À gauche : tête optique origine, à droite : nouvelle tête optique.



Montage éclaté

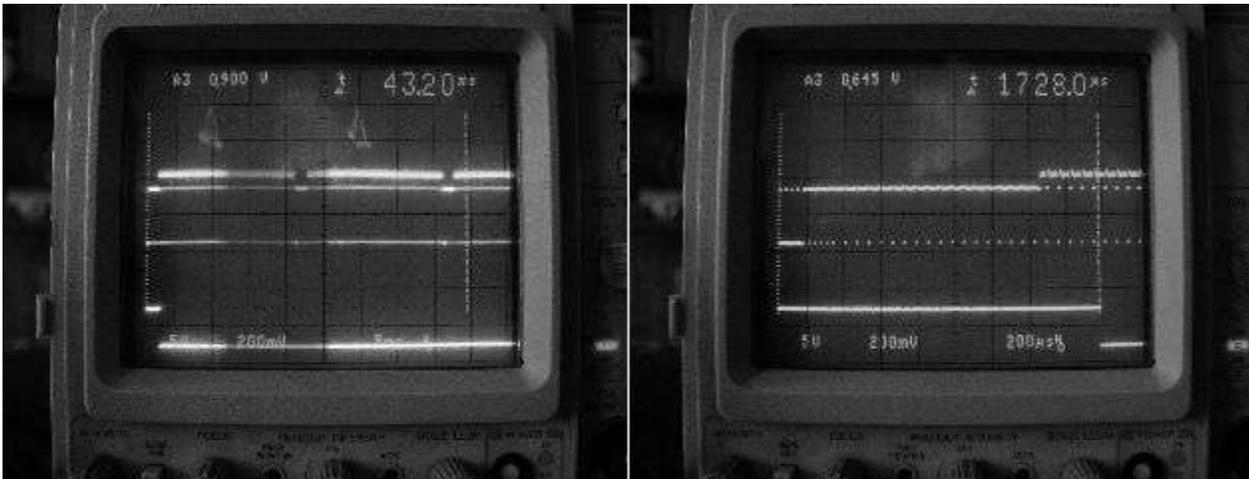
Les LEDs du pourtour, dont on peut modifier la brillance, sont alimentées en permanence, ce qui permet d'avoir un fond lumineux diffus, d'actionner l'AGC et de réduire le gain. En déplaçant le signal de l'étoile, réglé à 1 ms de largeur, tout au long de la durée d'une trame, on vérifiera que la réduction du signal n'a pour cause qu'une réduction du gain de l'amplificateur de sortie, et qu'il n'y a aucune modification du temps de pose.

Dans toutes les images, la mise au point a été volontairement défocalisée afin d'avoir un signal visible sur l'oscilloscope et les photographies.

Mesures

Position du point de transfert des pixels vers les registres à décalage

On utilise le signal B réglé à 1 ms, la trace de l'étoile se trouve sur la trame illuminée, on règle le courant dans la LED pour avoir 600 mV de signal, on élargi l'impulsion et la règle pour avoir une même amplitude sur les deux trames. En divisant cette durée par 2, on obtient la valeur du retard par rapport au front descendant de la synchro verticale.



À gauche : égalité de niveau sur les deux trames, à droite : durée du signal.

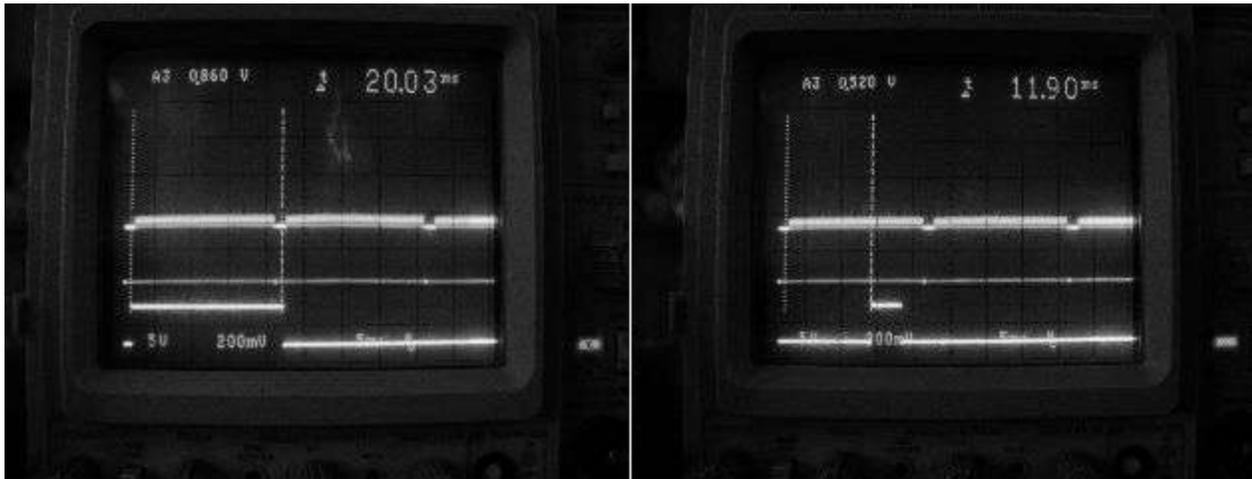
Le calcul de la durée réelle des temps de pose sur les deux trames se fait comme ci-dessous :

Durée mesurée :	1 728 μ s
Écart fin pose et début pose suivante :	32 μ s, une demi-ligne
Différence :	1 696 μ s
Soit un temps de :	$1\ 696/2 = 848 \mu$ s

C'est le temps calculé à partir du chronogramme.

Position dans la trame du temps de pose choisi (1/250 s)

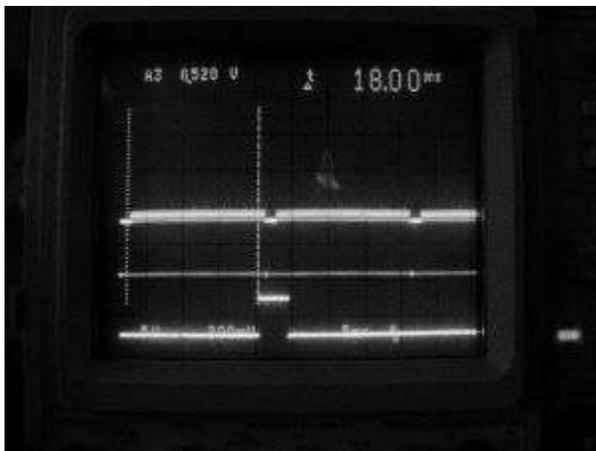
On utilise le signal C réglé à 20 ms, et B à 1 ms. On règle le niveau à 0,7 volt, puis on ramène la largeur de C à 4 ms. L'étoile disparaît de l'écran.



À gauche : signal réglé pour 0,7 volt, à droite : signal de 4 ms positionné à 100 μ s avant le début du temps d'exposition.

On augmente la largeur de B, à partir de 12 ms le niveau de l'étoile croit jusqu'à obtenir à nouveau 0,7 volt.

À gauche : signal positionné pour 100 μ s d'exposition, à droite : signal positionné pour une exposition de 4 ms.



Le niveau correspond
à une pose effective des premières 2 ms.
Le reste est perdu.

Vérification du fonctionnement de l'AGC

On s'est contenté d'appréciations visuelles. Ce qui a permis de confirmer ce que nous avons constaté : l'AGC ne répond pas pour un signal fort ayant une surface réduite et par conséquent l'image de l'objet est saturée. Par contre, pour une surface importante le gain est ajusté et la sensibilité de la caméra diminue.

Conclusions

Ces essais montrent que :

- Le temps affiché sur l'écran vidéo, obtenu par l'utilisation de la synchro-trame, est en avance de 848 μ s sur le temps réel de fin d'exposition de la caméra soit 880 μ s pour le début du temps d'exposition de la trame suivante ;
- Si l'on règle les commutateurs internes sur une vitesse différente de 1/50 s, par exemple 1/250 s, ce qui correspond à un temps de pose de 4 ms, cette pose commencera 4 ms avant le signal de transfert des pixels dans les registres à décalage et dans une trame le CCD sera inhibé pendant 16 ms d'où perte d'information. Ce fonctionnement est obtenu en déplaçant le signal d'effacement des pixels sur une ligne différente. Ces modes de fonctionnements sont à prohiber en astronomie ;
- Le test de l'AGC nous montre une perte de sensibilité due à une lumière ambiante très étalée, c'est le cas de la lumière cendrée de la Lune ou des crépuscules ;
- Nous recommandons donc le mode normal 50 trames par seconde sans AGC, en défocalisant si nécessaire pour éviter la saturation et des baffles pour masquer au maximum les lumières parasites.

* WETO = Week-End Technique Occultations 2006 - Intégrale des interventions 2006 sur [Club Éclipse](#).

Photographies : Jean-Jacques SACRÉ

Remerciements : à Bernard BAROGHEL (Optovision France) pour les informations concernant la caméra.

Thomas FLATRÈS & Jean-Jacques SACRÉ